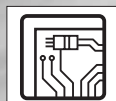
シールド部材の種類と使い分けの勘どころ

～素材や形状，使い方によって効果はさまざま～

橘 純一

EMC（Electro-magnetic Compatibility）対策として，プリント基板の一部，または全体を金属で覆っている（シールドしている）製品は意外と多い．ここでは，そのシールド部材について，材料の種類や取り付け方について紹介する．（編集部）

シールドはどのような効果を期待して行われるのでしょうか．目的として大きく下記の二つに分類されます．

- 自分が出した電磁波を外部に漏らさない
- 外部からの電磁波の影響を受けない

電磁波を外部に漏らしたくない場合は発生源となっている部分を，外部からの影響を受けたくない場合はその部分を，金属などの電磁波を通さないもので覆います．

卵の殻のように完全に覆ってしまうことが理想ですが，実際はなかなかそうはいきません．「外部と接続するための開口部」があったり，「シールド同士の接合部」があったりするためです．このような部分でなるべく電磁波が通過しないように設計する必要があります．

幸いにも多くのメーカから，用途に応じたさまざまな対策部品が提案されています．適切な場所で適切な部材を利用するために，どのような部分で対策が必要なのか，どのような製品があるのかを理解しておく必要があります．

表1　周波数と波長の関係
周波数が高いほど波長が短く直進性が高くなり，小さなすき間でも通りやすくなる．

周波数	波　長
1kHz	300km
10kHz	30km
100kHz	3km
1MHz	300m
10MHz	30m
100MHz	3m
1GHz	30cm
10GHz	3cm

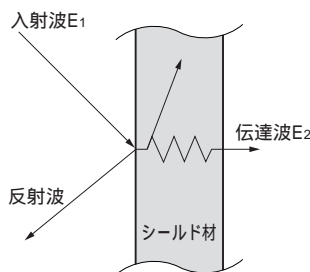



図1　シールド材に電磁波が当たったときの様子
電磁波はシールドの表面で跳ね返されたり内部で吸収・減衰したりする．

● 予習…電磁波と波長の関係

まずは電磁波そのものに目を向けてみましょう．電磁波の進むスピードは，光と同じ毎秒30万km（3×10^8m）なので，周波数と波長の関係は**表1**のようになります（波長＝光速÷周波数）．

周波数が高いほど波長が短く直進性が高くなり，小さなすき間でも通りやすくなります．電磁波はシールドの表面で跳ね返されたり内部で吸収・減衰したりします（**図1**）．シールド効果は[dB]で表されます．

1　シールドに向く素材

シールド部材は，素材や形状，効果にそれぞれ特徴があります．

● 金属

1）鉄，ステンレス

鉄やステンレスなど普通にきょう体に用いられる金属でも，開口部や接合部を工夫することでシールド効果があります．

KeyWord　鉄，ステンレス，パーマロイ，電磁波吸収体，シールド・フィンガ，グラウンディング・パッド，シールド・クリップ，はめ込みガスケット

2）ベリリウム銅

ベリリウム銅は，銅とベリリウムの合金です．銅の高い電気伝導度の特性を持ったまま強度が高められています．プレス成形で板ばね状に加工したものがシールド部材として広く用いられています．

3）パーマロイ

パーマロイは，鉄とニッケルの合金で，非常に大きな透磁率が特徴です．磁気を通しやすいためトランスのコアに用いられるほか，磁気シールドなどに利用されています．

電磁波の周波数が低くなると（10kHz以下），磁気的な特性が現れてきてシールドが難しくなることがあります．このようなときに，パーマロイのような透磁率の高い材料で囲います．磁気がシールド材料内部だけを流れるように制御でき，目的の部分に到達しないようにします．

● 樹脂（エラストマ）

エラストマ（Elastomer）などの樹脂は一般的にゴム系の柔らかい材料です．シールド用としてシリコン系の基材に，ガラスなどの粒子に銀などをめっきした導電性材料を混ぜることで，電気的に導通させているものがあります．この素材を押出成型や，射出成形することで，さまざまな形のシールド部材として利用しています．

● 塗料

シールド用の塗料は，エラストマと同じように塗料の中に導電性の粒子を混ぜたものです．導電性のないプラスチックなどにシールド用塗料を塗布することで，表面に導電層を形成できます．

● めっき

めっきは，シールド用塗料と同じようにプラスチックなどに導電層を形成してシールド効果を得ることができます．金属材料に対しても，接触する相手金属に合わせためっきを施すことで，ガルバニック腐食（異種金属接触腐食）を防げます．

● 電磁波吸収体

電磁波吸収体は磁性体や誘電体を混ぜ合わせたもので，電磁波を吸収して熱に代えます．シート状のものが一般的ですが，塗料になったものもあります．

2 基板上に設置するシールド・カバーと基板とを接触させるシールド部材

比較的部品に近いところでシールドを施す必要があるときがあります．シールド部材は，プリント基板上でシールド・カバーとプリント基板とを電気的に接触させるために用います（**図2**）．

● 基板実装型シールド・フィンガ

基板実装型シールド・フィンガ（**写真1**，**図3**）は，板ばね状に成形された小さなチップ部品です．

いろいろな形状のものがあり，マウンタで基板に実装します．実装するピッチを調整することで，シールド効果やシールド・カバー取り付け時の負荷などを調節できます．ただし，マウンタでピックアップしたりプレースしたりする時に曲がってしまわないように，また，リフロ時に動いてしまわないように，パッド形状を最適化するなど実装工程を含めた調整が必要です．

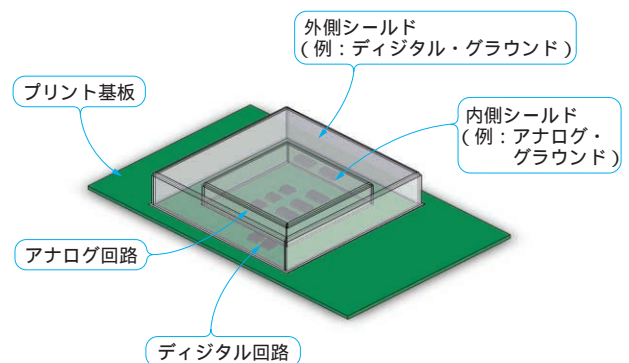



図2　シールド・カバーを基板上に配置した様子
シールド部材は，プリント基板上でシールド・カバーとプリント基板とを電気的に接触させるために使う．

写真1[1]　**基板実装型シールド・フィンガ**

● グラウンディング・パッド

グラウンディング・パッドはシールド・フィンガと同じように，基板に実装する小さなチップ部品です（**写真2**）．金属とエラストマを組み合わせたもの，導電性エラストマ素材のものがあります．シールド・カバーと接触する部分の面積を広くとれます．金属部品と違って引っ掛けて曲げてしまう心配がない分，扱いやすくなっています．

● シールド・クリップ

シールド・クリップは基板に実装して，シールド・カバーの端部を押し込んでくわえ込ませる部品です（**図4**）．シールド・カバーを挟み込んでいるので，カバーの固定を兼ねられます．

これらのチップ状の部品は，形状を選択したり実装ピッチを調整したりできますが，シールド・カバーとコンタクトする場所によってシールド効果に差がでてきます．

一般的な傾向は評価やシミュレーションで，ある程度つかめます．実際に製品に組み込んだときのシールド効果は，やはり実物を測定するまで分かりません．電磁波のふるまいは比較的パラメトリックに予想しづらいので，評価することが重要です．

● スナップショット

スナップショットは基板にはんだボールを実装し，それに合わせた穴が開いたシールド・カバーをはめ込む方法です（**写真3**）．大量生産向きの独特な工程です．シールド・カバーは薄い樹脂を成形したものの外側に導電処理を行い

図3　基板実装型シールド・フィンガの使用例
板ばね形状に成形された小さなチップ部品．

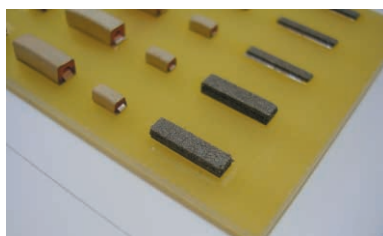



写真2　グラウンディング・パッド

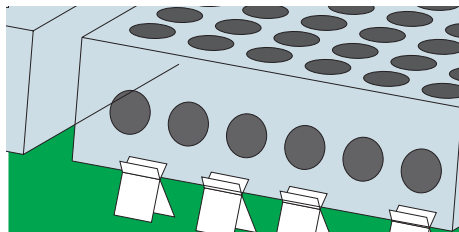



図4　シールド・クリップの使用例
基板に実装して，シールド・カバーの端部を押し込んでくわえ込む．

↓拡大

（**a**）基板にはんだボールを実装

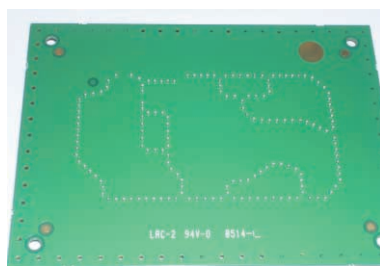
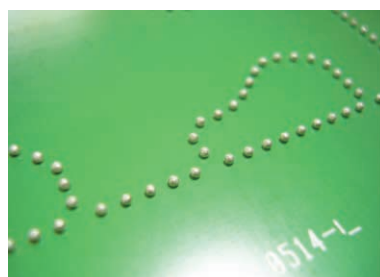
↓拡大

（**b**）（**a**）にシールド・カバーをはめ込む

写真3　スナップショット
基板にはんだボールを実装し，それに合わせた穴の開いたシールド・カバーをはめ込む．

ます．このためシールド・カバーの内側は部品と接触しても短絡などの心配がありません．ぎりぎりまで空間を狭めることができます．

● 型抜きしたエラストマ

型抜きした導電性エラストマ（写真4）のシートを基板に張り付けて，シールド・カバーとのすき間を埋める方法があります．形状に自由度がありますが，貼り付けに工夫が必要です．大量生産向きです．

● 射出成形したエラストマ

エラストマは射出成型が可能なので，形状の設計に非常に柔軟性があります（写真5）．ある程度まとまった数が必要ですが，複雑な形状でもコストを抑えて効率良く電磁波をシールドすることが可能になります．

● シールド・カバーそのものを実装

カバーを部品と一緒に基板に実装してしまうやり方があります（図5）．内部部品の調整やリペアは困難ですが，密閉性は高くなります．

● 壁面部を実装してフタをする

側面の壁となる部分を実装しておいて，上から天井になる部分をはめ込む方法があります（写真6）．内部に実装する部品の調整やリペアが必要な場合に向いています．これらの基板に直接はんだ付けするカバーは，よく用いられる寸法のものがカタログ品として用意されているほか，カスタム品として自由に寸法を決められます．

● シールド・カバーの端部に導電性エラストマを塗布

ディスペンサという機器を使って，シールド・カバーの端部に導電性エラストマを塗布する方法があります（写真7）．

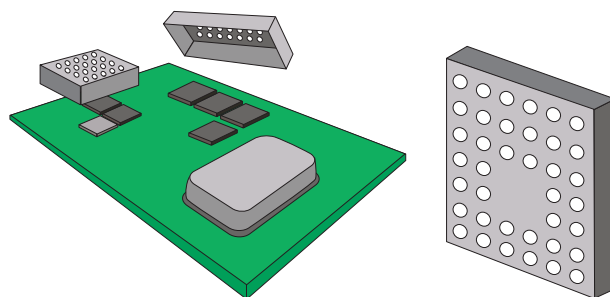



図5　シールド・カバーそのものを実装

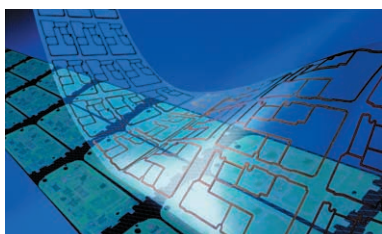



写真4　型抜きしたエラストマ

写真6　壁面部を実装してフタをする

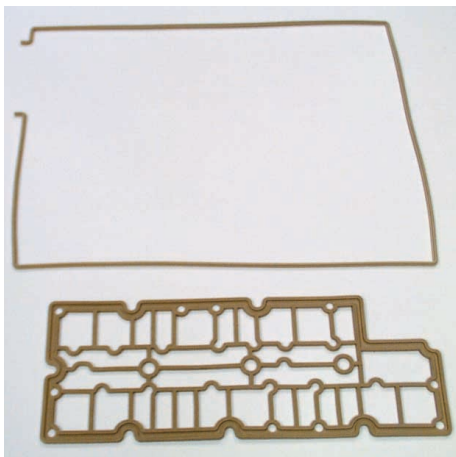
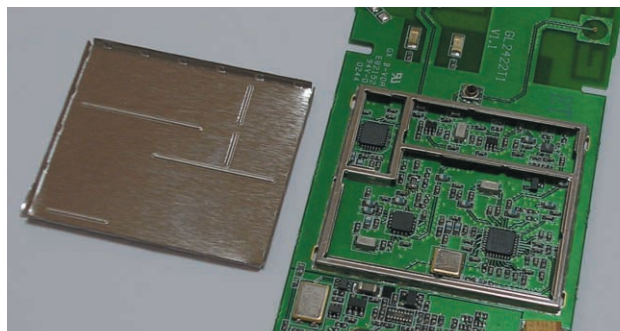



写真5　射出成形したエラストマ

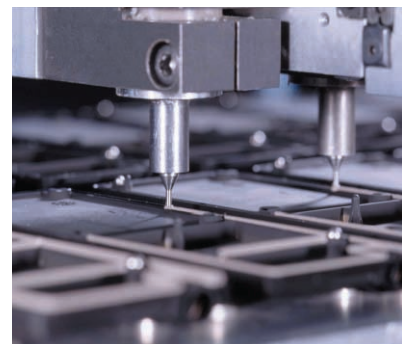
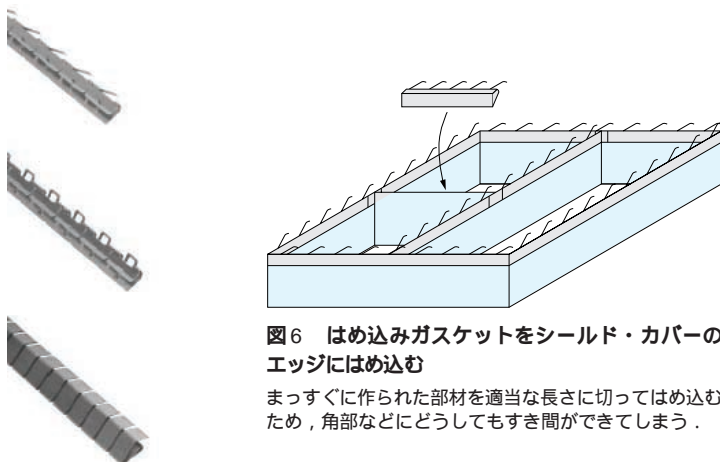
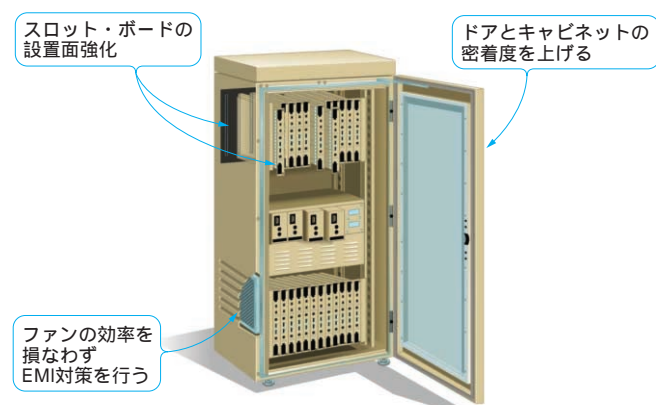
（a）導電線エラストマをシールド・カバーの端部に塗布した後の様子

（b）塗布中の様子

写真7　シールド・カバーの端部に導電性エラストマを塗布

ディスペンサのノズル，またはテーブルが水平方向に移動して，半練り状のエラストマをプログラミングされた通りに塗布します．塗布されたエラストマはそのまま室温で硬化するか，熱処理を施して硬化させます．

塗布されるシールド・カバーの表面の状態，使用環境などにより最適なエラストマ・コンパウンドを選択する必要があります．このため採用するには実績のある技術力を持ったメーカのサポートが必要です．ディスペンサは平面の*XY*方向だけでなく，垂直方向の*Z*軸にも上下できるので，複雑な形状のシールド・カバーに対応できます．

● はめ込みガスケット

はめ込みガスケットはシールド・カバー側にはめ込んで，基板に押しつける部品です(写真8，図6)．基板側には接触部の配線パターンを用意するだけで済みます．まっすぐに作られた部材を適当な長さに切ってはめ込むため，角部などにどうしてもすき間ができてしまいます．基板側の設計に影響が少ないので設計については柔軟性がありますが，あまりはめ込む個所が多いと，製造時にその工数がかかってコスト高になってしまいます．

3 きょう体の電気的密閉性を高めるシールド部材

次に，きょう体の電気的な密閉度を高めるための部材を紹介します(図7)．

● シールド・フィンガ

シールド・フィンガは，きょう体などの外壁同士の接触やドアなどの開口部の接触部分に広く利用されています(写真9，図8)．はめ込み型，接着型などの取り付け方法や，接触部分の板ばね形状もさまざまな品種がラインアッ

写真8　はめ込みガスケット

図6　はめ込みガスケットをシールド・カバーのエッジにはめ込む

まっすぐに作られた部材を適当な長さに切ってはめ込むため，角部などにどうしてもすき間ができてしまう．

写真9　きょう体などに取り付けるシールド・フィンガ

図7　きょう体の電気的な密閉度を高める部材の役割

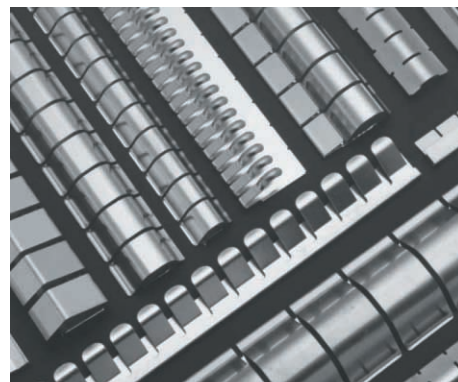
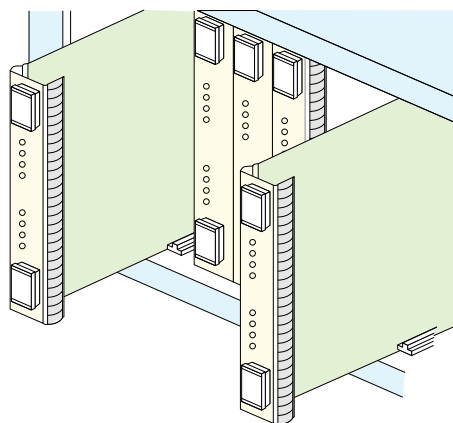



図8　シールド・フィンガの使用例

きょう体などの外壁同士の接触やドアなどの開口部の接触部分に広く利用されている．

プされています．材料としてはベリリウム銅が一般的で，取り付け部分や接触する相手に応じためっきを選択して利用します．

● エラストマ

エラストマ（写真10）は柔らかくクッション性があるので，電磁波シールドだけではなく，気密性が同時に必要な場所にも利用できます．

● クッション材＋導電材料

ウレタンなどのスポンジ素材のものを金属メッシュや導電処理された繊維でくるむ手法があります．導電性とクッション性を両立しています（写真11）．

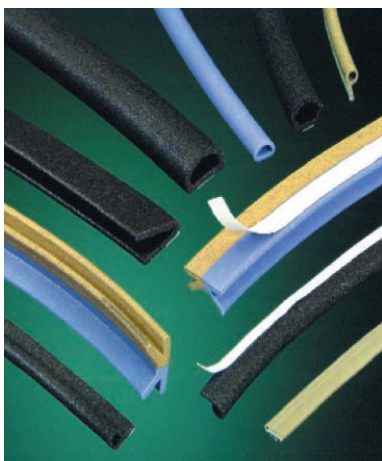



写真10　シールド・ケースなどに取り付けるように加工されたエラストマ
柔らかくクッション性があるので，電磁波シールドだけでなく，気密性が同時に必要な場所にも利用できる．

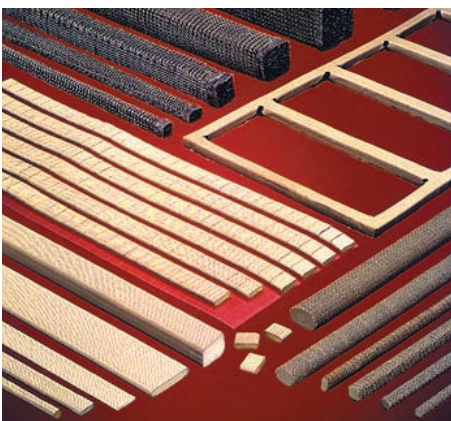



写真11　クッション材と導電材料を兼ねた材料

● メッシュ・ガスケット

メッシュ・ガスケット（写真12）は，金属のメッシュを固めていろいろな形状にした部品です．弾力性と導電性を兼ね備えています．

4 開口部を電気的にふさぐシールド部材

きょう体の背面などに設けられている開口部については，どのようなシールド部材があるのでしょうか．次に紹介します．

● 金網

金網（写真13）はファンの吹き出し口など大きな開口部が必要な場合に，金網状のメッシュ素材で電磁波を遮へいできます．

● パンチング・メタル

パンチング・メタル（写真14）は，部材というよりは加工方法です．金網よりは開口率は落ちますが，きょう体の一部に加工することで新たに部品を取り付けることなく，電磁波を遮へいしたまま開口部が形成できます．

写真12　メッシュ・ガスケット

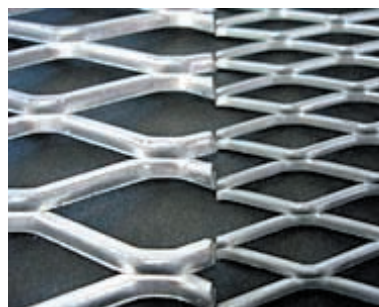



写真13　金網

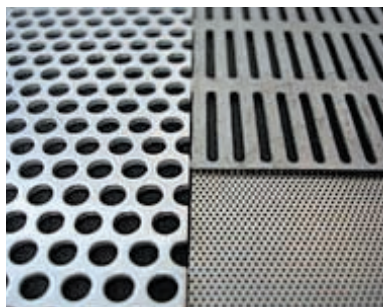



写真14　パンチング・メタル

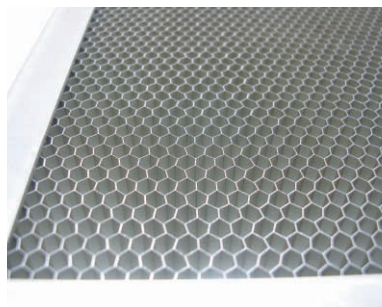



写真15　ハチの巣状の網

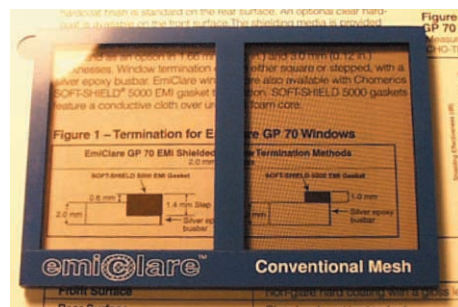



写真16　シールド・ウィンドウ

● ハチの巣状の網

ハチの巣状の網（ハニカムメッシュ，写真15）の壁を構成している部分が非常に薄いため，ほとんどファンの流れの妨げになることなく電磁波を遮へいできます．ただし価格が割高になるでしょう．

● シールド・ウィンドウ

シールド・ウィンドウ（写真16）は，窓の内部に金属メッシュなどが組み込まれたものです．表示部などの窓のように，空間的に遮断するけれど内部が見えるように，しかも電磁波は通らないようにしたい場合に利用します．電磁波の遮へいと視認性を両立するために，いろいろな工夫が施されています．

5 電磁波を吸収するシールド部材

● 電磁波吸収体

電磁波吸収体は，きょう体やシールド・カバーに貼り付けたり塗布することで，飛び込んできた電磁波を吸収して熱に変換します．発生する熱はわずかなので問題になることはほとんどありません．メーカやグレードにより得意とする周波数帯域が異なるので，状況をきちんと把握し適切な製品を選択します．

注1：サンプルの問い合わせ窓口
太陽金網株式会社 東京営業所
営業部 遠藤 史健
〒141-0032　東京都品川区大崎3-6-9
Tel：03-3493-7851
Fax：03-3493-7115

WL Gore and Associates
クリストファ アルダソン
〒150-8512 東京都渋谷区桜丘町26-1 セルリアンタワー15F
Tel：03-5456-5761
Fax：03-5456-5511
e-mail：electronics.japan@wlgore.com

＊　　＊　　＊

このように用途に応じてさまざまなシールド部材がありますが，使用する場所，抑えたい電磁波の帯域，ロット数などに得意不得意があるので見極めることが大切です．また，電磁波シールドは効果を事前に予測するのが比較的難しいので，最初から一つの方法に絞らずにいくつか候補を挙げて評価していく方が確実です．

今回，写真や資料を提供くださった太陽金網とWL Gore and Associatesにこの場を借りてお礼申し上げます[注1]．

参考・引用*文献

(1)* Custom Precision Electronic Contacts Material Variations, Laird Technologies.
http://lairdtech.thomasnet.com/viewitems/gerstock-gaskets-metal-grounding-products-contacts/-precision-electronic-contacts-material-variations？&forward=1

たちばな・じゅんいち
キーナスデザイン(株)

<筆者プロフィール>
橘 純一．1993年，キュー・アイ入社．特殊環境用カメラ・ロボットの開発に携わる．1997年アジレント・テクノロジー（当時日本ヒューレット・パッカード）勤務．半導体テスタの機構設計を担当．2006年6月キーナスデザインを設立．自社製品開発のかたわら，得意の水冷，放熱，シールドなどを中心に機械設計・製作事業を展開．http://keenus.jp/